



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA –
PIBIC

**Instrumentação de Câmara de Cultivo para
Agricultura Controlada**
Desafios da Instrumentação Eletrônica na Agricultura Controlada

Área do conhecimento: Engenharias
Subárea do conhecimento: Engenharia Elétrica
Especialidade do Conhecimento: Medidas Elétricas, Magnéticas e Eletrônicas;
Instrumentação

Relatório Final
Período da bolsa: de Agosto de 2019 a Julho de 2020

Este projeto foi desenvolvido com bolsa de iniciação científica

PIBIC/COPES

Orientador: Lucas Molina
Autora: Graziella Bedenik

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	2
1.1.1	Objetivo Geral	2
1.1.2	Objetivos Específicos	3
1.2	Estrutura do Relatório	3
2	Fundamentação Teórica	4
2.1	Contextualização, Definição e Origem	4
2.2	Diretrizes Gerais de RSLs	5
2.3	Revisões Sistemáticas na Engenharia	6
3	Metodologia	8
3.1	Planejamento	8
3.1.1	Formulação das Questões	9
3.1.2	Seleção de Bases de Dados	9
3.1.3	Seleção de Referências	10
3.1.4	Avaliação do Planejamento	11
3.2	Execução	11
3.2.1	Avaliação das Ferramentas de Busca	11
3.2.2	Execução da Busca	11
3.2.3	Extração da Informação	12
3.3	Análise de Resultados	13
3.4	Cronograma de Atividades	14
4	Resultados e Discussões	15
5	Considerações Finais	27
5.1	Perspectivas de Trabalhos Futuros	28
5.2	Atividades Complementares	29
	Referências Bibliográficas	31

Capítulo 1

Introdução

A história da atividade agrícola acompanha e influencia o desenvolvimento humano [1], sendo ainda a principal atividade econômica em muitos países [2, 3], inclusive no Brasil [4]. Ao longo dos últimos anos, devido ao emprego de ciência, tecnologia e inovação nas lavouras [4], ou seja, devido à modernização dos cultivos, foi possível obter elevação de produtividade e redução dos custos de produção [5].

Tratando-se de ambientes domésticos, acadêmicos e laboratoriais para cultivo de pequenas plantas, uma das tecnologias empregadas nesse processo de modernização é a utilização de câmaras de cultivo isolado (CCIs), que são estruturas dentro das quais se reproduz as condições ótimas de crescimento para hortaliças. O uso de tais CCIs representa um ramo da agricultura controlada (AC), que é o monitoramento do ambiente de cultivo através de sensores de pH, luminosidade, nível de água, umidade, temperatura, entre outros, atuando no mesmo e controlando-o de forma a automatizar a produção agrícola [1, 4, 6–8].

O sensoramento detalhado e completo dentro das câmaras é uma etapa fundamental da AC, uma vez que diferentes projetos e cultivos têm demandas diferentes de crescimento, condições e manutenção [9]. Entretanto, o problema no uso de elementos sensores e atuadores cai na seleção e utilização efetiva dos mesmos, que não é tão simples. Isso tanto devido a diferentes características dos elementos (escala, faixa, resolução, precisão, exatidão, durabilidade e preço), quanto para resolver as particularidades de cada cultura vegetal, levando-se também em consideração o propósito do cultivo da mesma [1, 10].

Vê-se que já é costumeiro em diversas áreas, ao se deparar com um desafio dessas proporções, com muitas variáveis de análise e muitas opções de escolha, a realização de uma revisão sistemática da literatura (RSL) e, consequentemente, de uma avaliação mais sistemática das variáveis envolvidas [11–17].

Uma RSL é um tipo de metodologia rigorosa de pesquisa das informações publicadas sobre determinado assunto específico dentro de uma área de conhe-

cimento [11, 15, 17]. Devido a essa definição de um protocolo bem estruturado para a busca e análise de resultados, RSLs estão localizadas no topo da cadeia hierárquica da evidência científica, definida como “a síntese de estudos científicos de melhor qualidade sobre um tópico específico ou questão de pesquisa” [13, 17]. Esse fato faz com que venham ganhando cada vez mais popularidade e aceitação para publicações em revistas de áreas diversas do conhecimento¹, em detrimento de revisões bibliográficas da literatura (RBL). Apesar de tais vantagens, ainda não há um protocolo padrão bem estabelecido para realização de revisões sistemáticas na engenharia elétrica. Um possível motivo para tal pode ser o fato de que a prática é custosa em relação a tempo e recursos humanos, diferentemente das RBLs, mais comuns na área [11–13, 16, 17].

Nesse contexto, neste projeto buscou-se investigar características, viabilidade, vantagens e possíveis ganhos do uso de revisões sistemáticas na área de engenharia elétrica. Após estudos acerca de metodologia científica e RSLs, foi desenvolvido um protocolo de revisão sistemática que possa ser utilizado nesse campo de conhecimento. Tal metodologia foi, então, aplicada em um estudo sistemático acerca do sensoriamento e atuação de câmaras de cultivo isolado de pequeno porte, abrangendo fundamentos de instrumentação eletrônica e controle de sistemas.

Todo este trabalho foi desenvolvido com o intuito de consolidar conhecimentos acerca de metodologias de revisão científica e de agricultura controlada. Ao final da revisão realizada, foi possível gerar informações que facilitarão o processo de desenvolvimento de uma CCI para fins acadêmicos, como lista e análise de modelos de sensores e atuadores; aspectos mecânicos e construtivos das câmaras; grandezas mais populares para aquisição de dados e controle dos sistemas; e culturas vegetais que podem ser utilizadas em testes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este projeto tem como objetivo geral desenvolver uma revisão sistemática referente ao uso de elementos sensores e atuadores em sistemas de agricultura de ambiente controlado de pequeno porte para uso em pesquisas científicas nos últimos dez anos.

¹Geral e principalmente na área de Ciências da Saúde, porém, mais recentemente, também em áreas como engenharia de *software*, economia, políticas sociais e criminologia [16].

1.1.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste projeto:

- realizar estudo sobre metodologias científicas de revisão da literatura;
- construir uma metodologia de revisão sistemática para o estudo;
- realizar revisão acerca de agricultura controlada e instrumentação aplicada em cultivos isolados e câmaras de cultivo de acordo com a metodologia criada;
- listar os principais elementos sensores e atuadores utilizados na literatura;
- definir técnicas, sensores e atuadores a serem utilizados em uma câmara de cultivo em pequena escala, que poderá ser utilizada em trabalhos futuros dentro do grupo de pesquisa;
- fazer testes com os elementos escolhidos;
- redigir relatórios científicos.

1.2 Estrutura do Relatório

Este relatório está dividido da seguinte forma. No Capítulo 2, é apresentada uma fundamentação teórica sobre revisões sistemáticas da literatura, abrangendo seu surgimento, suas diretrizes gerais e as RSLs no âmbito das engenharias. Ao longo do Capítulo 3, é explicada a metodologia aplicada para o desenvolvimento da revisão sistemática, além de ser apresentado o cronograma de atividades deste projeto e as justificativas de alteração do plano de trabalho, enquanto que, no Capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos e suas discussões. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais, com conclusões, perspectivas para futuros trabalhos e outras atividades realizadas pela discente ao decorrer deste projeto.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Uma das principais motivações para a realização deste projeto é a familiarização da equipe de pesquisa com a prática de revisões sistemáticas aplicadas à engenharia e, particularmente, à engenharia elétrica. Nesse sentido, neste capítulo, é apresentada uma fundamentação teórica sobre o tema, abrangendo o surgimento, conceitos relacionados, as principais diretrizes “originais” de RSLs e uma apresentação das mesmas no âmbito das engenharias.

2.1 Contextualização, Definição e Origem

Revisões sistemáticas seguem protocolos pré definidos para a realização de buscas e avaliações de resultados. São definidas mais formalmente como “a aplicação de estratégias científicas que limitem o viés pela montagem sistemática, avaliação crítica e síntese de todos os estudos relevantes sobre um tópico específico” [13]. Devido a isso, acabam se apresentando como agregadoras e analisadoras das evidências científicas disponíveis na literatura [18].

Os cientistas que buscam definir tais protocolos parecem estar cada vez mais convergindo para o consenso de que o passo a passo para a realização das RSLs deve ser unificado. Isto é, as estratégias de pesquisa devem ser objetivas, além de serem bem definidas antes mesmo do início da busca de referências [14, 15, 17].

Nas revisões sistemáticas mais atuais, é possível perceber uma crescente aplicação de ferramentas de automatização das buscas, sobretudo entre os autores que já detêm o domínio da metodologia de revisão sistemática, visando lidar com uma produção científica mundial que aumenta a uma taxa exponencial. Esses mecanismos facilitam a reprodução e a comparação das revisões, além da diminuição da polarização/subjetividade dos resultados, contribuindo também para o fortalecimento do uso de RSLs no campo das engenharias. Isso porque a

prática acaba contribuindo, inclusive, para o estudo e desenvolvimento de algoritmos de busca sistematizada, o que pode ser um problema interessante para as engenharias elétrica, eletrônica, da computação e suas ramificações [14, 15].

Entretanto, para se chegar a esse status de relevância na cadeia da evidência científica, houve um processo de consolidação da prática de realização de revisões sistemáticas em todas as áreas em que é comumente utilizada. As RSLs surgiram no final da década de 80 como suporte para o desenvolvimento da Medicina Baseada em Evidências, como uma metodologia investigativa. Nessa área do conhecimento, muitas vezes os esforços e recursos são destinados para a pesquisa científica empírica, resultando em muitos dados e variáveis a serem processados, a custo de muitos esforços humanos. Com a popularização desse tipo de pesquisa, houve a necessidade de padronização da metodologia de aquisição, processamento e análise da informação, a fim de garantir a confiabilidade dos resultados obtidos. A seguir, são discutidos brevemente os principais aspectos de tal metodologia.

2.2 Diretrizes Gerais de RSLs

Nas revisões sistemáticas, a utilização de um protocolo rígido, definido anteriormente à execução das buscas em bases de dados, cria diretrizes que orientam os pesquisadores e padronizam as fases de produção de conhecimento científico. Originalmente, tais fases são: Planejamento, Condução, Interpretação e Relato [18], descritas de forma geral a seguir:

- o Planejamento tem o intuito de justificar a realização e definir o escopo da busca. Os aspectos de tal escopo orbitam em torno de uma questão guia, sendo organizados em um protocolo;
- a Condução busca encontrar estudos elegíveis para responder à questão definida no início da revisão, tendo como guia o protocolo definido no Planejamento. Também visa a documentação das referências para tornar a revisão objetiva e reproduzível;
- a Interpretação é a fase de extração de informações e obtenção de resultados. São feitos compilados em forma de tabelas, figuras e gráficos a partir dos estudos encontrados na fase anterior;
- no Relato é estruturada a discussão de acordo com informações e resultados obtidos. São feitas conclusões visando implicações na área e recomendações aos profissionais.

Apesar de essa metodologia em fases poder ser aplicada em qualquer área, nas ciências da saúde, em que as RSLs se originaram e são uma forma de pesquisa bem estabelecida, existem institutos e guias oficiais para auxílio na execução e publicação das revisões produzidas, disponibilizando questionários de avaliação de referências, *checklists*, fluxogramas da metodologia e exemplos [18]. Tais guias definem as etapas fundamentais de cada uma das fases, com grande destaque para a fase de Planejamento [12, 13, 18, 19]. Em outras áreas do conhecimento, esse processo de padronização de diretrizes ainda é recente.

2.3 Revisões Sistemáticas na Engenharia

Embora todas as áreas do conhecimento possam se beneficiar das SLRs, nem todos os detalhes presentes no protocolo EBM podem ser aplicados nem fazem sentido em outros campos [15, 20–23]. Algumas questões relevantes sobre o uso de RSLs em áreas de engenharia são: 1) o nível de evidência produzido por ensaios clínicos não pode ser diretamente comparado ao produzido na maioria das experiências acadêmicas de engenharia; 2) menos estudos primários são realizados em engenharia, restringindo parâmetros e fontes de pesquisa; 3) experimentos duplo-cegos¹ são geralmente impossíveis para experimentos de engenharia.

Apesar disso, as RSLs vêm sendo utilizadas com sucesso pelos engenheiros de *software* “para fornecer os meios pelos quais as melhores evidências atuais da pesquisa podem ser integradas à experiência prática e aos valores humanos no processo de tomada de decisão referente ao desenvolvimento e manutenção de *software*” [15].

O primeiro trabalho relacionando engenharias e revisões sistemáticas foi publicado em 2004, com Kitchenham et al. e o surgimento da Engenharia de *Software* Baseada em Evidências. Em [20] e [21], os autores listam diretrizes para executar RSLs em engenharia de *software*. A metodologia é resumida em três fases: Planejamento, Condução e Relato, adaptadas e baseadas nas fases estabelecidas nas RSLs das ciências humanas e da saúde. Embora a metodologia seja rígida, com um protocolo pré-estabelecido para pesquisa, os autores enfatizam que a conclusão de cada etapa não é estritamente sequencial, mas sim iterativa e interativa. Isso significa que palavras-chave, *strings* de pesquisa e outros parâmetros podem ser modificados ou refinados para obtenção de resultados mais coerentes.

¹Método de ensaio clínico realizado em seres humanos em que nem o examinado nem o examinador sabem o que está sendo utilizado como variável em um dado momento

Biolchini et al., em [17], apresentam um trabalho baseado nas diretrizes de Kitchenham. O objetivo é simplificar a linguagem e detalhar os conceitos e desdobramentos relacionados à revisão sistemática e sua pergunta guia. A estrutura em três fases é mantida, mas agora elas são chamadas de Planejamento, Execução e Análise de Resultados. A principal contribuição do trabalho é o foco em ajudar os pesquisadores da área não familiarizados com a prática de RSLs, assim como pretendemos fazer com a engenharia elétrica neste projeto. Além de explicações gerais, eles também fornecem um modelo de revisão como referência e formulários de auto-avaliação, na tentativa de servir como um guia para documentação e exibição de resultados na área.

Apesar desses esforços, é perceptível que ainda existe uma lacuna entre outras áreas de engenharia e a prática de revisões sistemáticas, criando espaço para o crescimento e usufruto dos benefícios das RSLs. Como exemplo desse potencial, até o momento, não foram encontrados artigos ou projetos envolvendo engenharia elétrica e revisões sistemáticas.

Capítulo 3

Metodologia

Neste capítulo, são apresentados o protocolo e o cronograma de atividades propostos para este projeto, juntamente com as justificativas de alteração de cumprimento de atividades previstas para o plano de trabalho.

O objetivo inicial da construção da metodologia proposta é o desenvolvimento de uma pergunta guia precisa sobre um tópico de interesse, partindo de problemas e conhecimentos já existentes. Ao final da revisão, a pergunta deve ser respondida, produzindo assim evidências a partir das conclusões feitas a partir dos resultados revisão. De forma mais geral, esse processo pode ser encarado como uma abordagem em três passos [17], conforme ilustrado na Figura 3.1.

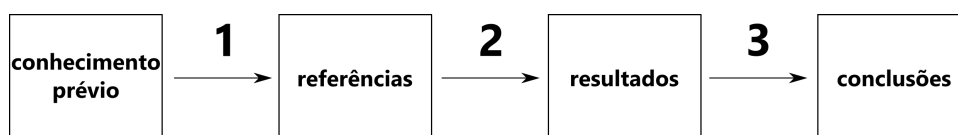


Figura 3.1: Abordagem em três passos para o desenvolvimento de uma revisão sistemática da literatura. Adaptado de [17].

Para colocar tal abordagem em prática, é necessário planejar quais parâmetros são relevantes na realização da busca por referências, bem como estratégias para selecioná-las e analisá-las. É essa organização prévia que resulta em um protocolo de pesquisa objetivo, confiável e reproduzível. Neste trabalho, esse protocolo foi dividido, então, em três fases, detalhadas nas Seções 3.1, 3.2 e 3.3. O cronograma é apresentado na Seção 3.4.

3.1 Planejamento

No Planejamento, os pesquisadores devem descrever os objetivos e a abordagem a ser realizada. É importante formular as questões de pesquisa e planejar

o manejo das bases de dados e das referências. Para auxiliar na tarefa, as etapas 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4 são realizadas.

3.1.1 Formulação das Questões

A etapa de Formulação das Questões é dividida em dois procedimentos fundamentais, visando obter o máximo de clareza possível na definição dos objetivos da RSL. São eles:

1. o **Foco das Questões**, em que são definidos os objetivos da busca propriamente ditos, ou seja, o que se deseja responder ao final da revisão;
2. a **Amplitude e Qualidade das Questões**, em que os objetivos são transformados na questão guia. Isso é feito a partir da definição da sintaxe da questão, ou seja, da contextualização da aplicação da revisão e da pergunta em si. Também é definida a “especificidade semântica” da questão, analisando o quão abrangente ou específica ela é dentro do tópico de estudo. Os itens sintáticos utilizados para tal são:
 - problema - define o alvo da RSL, com uma breve contextualização da mesma;
 - questões auxiliares - questões menores que ajudam a criar a questão guia;
 - palavras-chave e sinônimos - principais termos relacionados ao objetivo da revisão, que estão presentes também nas questões;
 - intervenção - aquilo que será observado no contexto da revisão;
 - efeito - tipos de resultados esperados após a realização da revisão;
 - medida de resultado - métricas utilizadas para medir o efeito;
 - população - grupo que será observado na revisão;
 - aplicação - funções, profissões ou áreas de aplicação que serão beneficiadas com os resultados da revisão.

3.1.2 Seleção de Bases de Dados

A etapa de Seleção de Base de Dados está dividida em cinco procedimentos fundamentais, visando o planejamento de como a busca por referências será realizada. São eles:

1. a **Definição dos Critérios de Seleção de Bases de Dados**, em que se define quais características são necessárias para que a referência seja candidata ao uso na RSL;
2. o **Idioma das Referências**, uma vez que essa escolha pode restringir ou ampliar a escolha das bases de dados;
3. a **Identificação de Referências**, por meio dos seguintes itens:
 - método de pesquisa das bases de dados - descrição de como proceder a busca de referências (manualmente, por meio de ferramentas de busca *online*, em bibliotecas, etc);
 - *string* de pesquisa - definição de palavras-chave utilizadas em ferramentas de busca *online*. As expressões podem e devem se utilizar de operadores lógicos (AND, OR, NOT, truncamentos, etc) para obter o máximo possível de resultados relevantes;
 - lista de bases de dados - uma lista preliminar das bases de dados que poderão ser utilizadas;
4. a **Seleção das Bases de Dados Após Avaliação**, em que são listadas as bases de dados definitivas, a partir da lista preliminar e dos critérios de seleção;
5. a **Verificação das Referências**, em que um ou mais especialistas da área de interesse da revisão revisam a lista de fonte, adicionando ou removendo itens - caso julguem necessário.

3.1.3 Seleção de Referências

A etapa de Seleção de Referências está dividida em três procedimentos fundamentais, visando descrever a abordagem para selecionar as referências. São eles:

1. a **Definição dos Critérios de Inclusão e Exclusão de Referências**, que podem ser definidos pelos autores da revisão ou encontrados na literatura relacionada. Esse aspecto se faz necessário principalmente quando são utilizadas ferramentas de busca *online*, que resultam em um grande número de referências de acordo com as palavras chave utilizadas. Os critérios auxiliam na seleção mais eficaz de possíveis candidatos à revisão;

2. a **Definição dos Tipos de Referências**, em relação ao tipo dos estudos primários a serem buscados, como qualitativos, quantitativos, estudos de caso, caracterização, etc;
3. os **Procedimentos para Obtenção de Referências**, descreve as etapas para obter e avaliar referências, levando em consideração os critérios. Se o processo for em etapas, cada etapa deve estar bem descrita.

3.1.4 Avaliação do Planejamento

Na etapa de Avaliação do Planejamento, em geral, solicita-se a especialistas do campo que executem uma versão reduzida da RSL com base no protocolo planejado e, em seguida, observa-se o desenvolvimento e os resultados alcançados. Caso não sejam satisfatórios, o planejamento deve ser repensado.

3.2 Execução

Na Execução, inicia-se a busca de estudos de acordo com os critérios estabelecidos anteriormente. As informações e resultados relevantes são extraídos desses estudos. Para auxiliar na tarefa, as etapas 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3 são realizadas.

3.2.1 Avaliação das Ferramentas de Busca

Na etapa de Avaliação das Ferramentas de Busca, avalia-se as ferramentas *online* de busca das bases de dados selecionadas. Isso é feito através de testes com a *string* de busca, analisando os resultados da pesquisa. Dependendo desse resultado, se necessário, uma ou mais bases de dados podem ser eliminados do protocolo ou a *string* pode ser modificada.

3.2.2 Execução da Busca

A etapa de Execução da Busca está dividida em três procedimentos fundamentais, visando obter e documentar as referências selecionadas de acordo com os critérios e parâmetros definidos anteriormente. São eles:

1. a **Seleção Inicial dos Estudos**, em que é feita a listagem das referências obtidas ao se colocar o planejamento em prática;

2. a **Avaliação da Qualidade dos Estudos**, em que se submete as referências a todos os critérios avaliativos e se registra os resultados dessa avaliação;
3. a **Revisão da Busca**, em que são conferidas as referências finalmente selecionadas para garantir que nenhum estudo relevante foi descartado. Os resultados dessa avaliação também devem ser registrados.

3.2.3 Extração da Informação

A etapa de Extração da Informação é dividida em quatro procedimentos fundamentais, visando extrair informações relevantes das referências selecionadas. São eles:

1. a **Definição do Critério de Inclusão e Exclusão de Informação**, em que critérios pelos quais as informações serão julgadas ou não como relevantes são estabelecidos;
2. a **Documentação para Extração de Dados**, em que se define estrutura e ferramentas para padronizar a documentação e representação das informações extraídas;
3. a **Execução da Extração**, que pode ser dividida de acordo com os resultados, em:
 - extração de resultados objetivos - são aqueles diretamente extraídos das referências. Pode ser obtida por meio dos seguintes itens:
 - identificação - ID do estudo, título, nomes dos autores, informações do veículo de publicação, base de dados e ano de publicação;
 - metodologia - métodos utilizados no estudo;
 - resultados - efeitos obtidos pelo estudo;
 - problemáticas - limitações elencadas pelo autor do estudo;
 - extração de resultados subjetivos - são aqueles não diretamente extraídos das referências. Pode ser obtida por meio dos seguintes itens:
 - contato com os autores - quando necessário para tirar dúvidas ou esclarecer detalhes;
 - impressões e abstrações gerais - advindas de conclusões tiradas pelo próprio revisor a partir da leitura da referência e de seus conhecimentos prévios.

4. a **Solução de Divergências entre Revisores**, em que se estabelece, em caso de divergências, uma discussão entre os revisores em relação às informações e resultados obtidos.

3.3 Análise de Resultados

Na Análise de Resultados, os resultados são resumidos para comunicar as informações extraídas dos estágios anteriores de forma inteligível e objetiva. Análises qualitativa e quantitativa também podem ser aplicadas, se descritas no planejamento. Informações relevantes devem ser exibidas em tabelas e, se coerente com os resultados, em gráficos e figuras.

Para concluir a RSL, os autores fazem os comentários finais. Discute-se e interpreta-se os resultados relacionados ao protocolo, bem como as metas da revisão sistemática. Podem ser mencionados os seguintes itens:

- número de estudos selecionados - trata da evolução do número de referências ao longo da revisão, ou seja, o número de estudos nas listas inicial, intermediária (se necessária) e final;
- viés de pesquisa, seleção e extração - são comentados possíveis conflitos de interesse, inclinações ou tendências dos revisores que possam ter influenciado os resultados obtidos;
- viés de publicação - de acordo com as concepções dos revisores, resultados ditos “negativos” podem ser preteridos em relação a ditos “positivos”. É interessante ponderar o ponto de vista dos revisores em relação a esse aspecto dos resultados;
- aplicação dos resultados da RSL - são definidos possíveis usos do resultado na área de conhecimento em que a RSL foi conduzida;
- recomendações sobre as aplicações - são dadas sugestões de como os resultados devem ser utilizados nas aplicações elencadas.

Um resumo visual da metodologia proposta para o desenvolvimento de RSLs pode ser visto no fluxograma da Figura 3.2. É interessante perceber o caráter iterativo e interativo do protocolo, evidenciado pelo processo de refinamento do mesmo, já demonstrado em metodologias para outras áreas [17, 20].

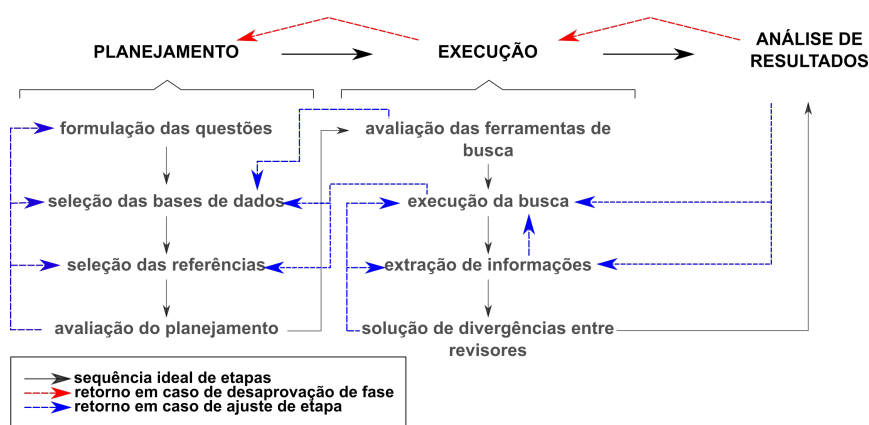


Figura 3.2: Fluxograma de desenvolvimento de uma revisão sistemática da literatura conforme metodologia proposta.

3.4 Cronograma de Atividades

O cronograma das atividades propostas para a realização deste plano de trabalho é disposto na Tabela 3.1. As atividades previstas no início do projeto foram definição da metodologia base de revisão sistemática (A1); execução da revisão sistemática (A2); documentação e avaliação dos dados da revisão (A3); avaliação de técnicas e sensores (A4); realização de testes com sensores escolhidos (A5); elaboração de conclusões sobre o trabalho (A6); e a redação de relatórios e artigos científicos (A7).

Tabela 3.1: Cronograma de Atividades

	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
A1												
A2												
A3												
A4												
A5												
A6												
A7												

Devido à pandemia de COVID-19, a atividade A5 teve sua conclusão prejudicada. Isso se deve principalmente à indisponibilidade de uso dos laboratórios para a realização dos testes, mas também ao esgotamento de estoques e atrasos e cancelamentos em entregas de produtos adquiridos pela Internet. As demais atividades foram concluídas conforme o previsto.

Capítulo 4

Resultados e Discussões

Neste capítulo, são apresentados resultados e discussões derivados do uso da metodologia descrita no Capítulo 3 em um estudo sobre sensores, transdutores e atuadores em CCIs de pequeno porte. Conforme visto na Figura 3.1, o processo de aplicação da metodologia é dividido em 3 fases. As fases de Planejamento e de Execução possuem diversas etapas e cada uma dessas possui seus respectivos procedimentos, destacados na Figura 4.1, sendo que alguns dos procedimentos ainda possuem itens que ajudam no desenvolvimento da revisão. Aqui, é discutido o “preenchimento” de cada um desses pontos, culminando na apresentação dos resultados da revisão em tabelas e gráficos, e as respectivas análises e discussões. Com isso, puderam ser traçados os comentários finais sobre os mesmos e a própria RSL desenvolvida.

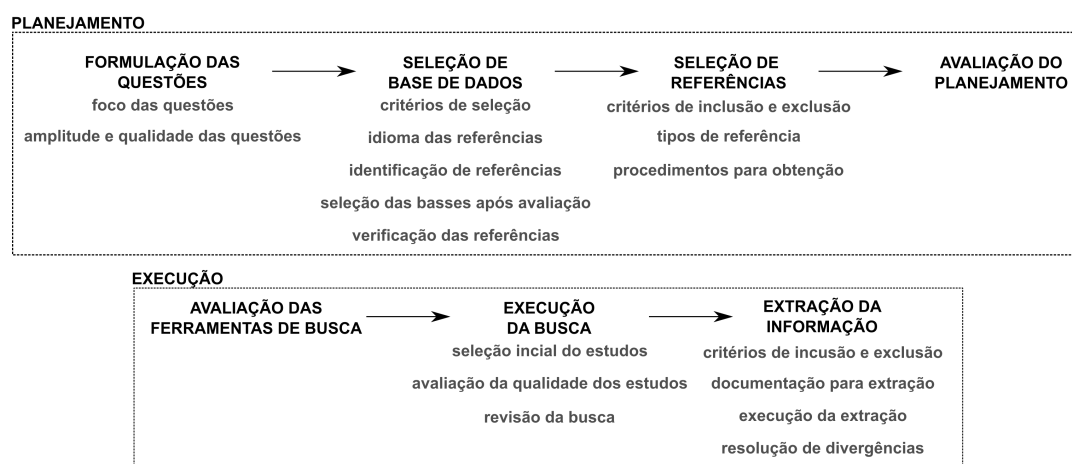


Figura 4.1: Etapas e seus procedimentos para as fases de Planejamento e Execução de uma revisão sistemática da literatura conforme metodologia proposta.

Na revisão sistemática desenvolvida neste trabalho, o *Foco das Questões* é identificar e listar quais sensores, transdutores e atuadores cientistas vêm utili-

zando na construção de CCI's. Pretende-se usar essas informações para a construção de uma câmara, viabilizando a realização de pesquisas científicas nas áreas de instrumentação eletrônica e controle de sistemas. Com isso, obteve-se a pergunta guia da revisão: "Quais elementos de sensoriamento e atuação vêm sendo utilizados em CCI's de pequeno porte nos últimos 10 anos?". Para tal, *Questões Auxiliares* não foram necessárias.

Para então desenvolver o protocolo da RSL, foi necessário primeiro delinear os parâmetros de planejamento. O *Problema* é que culturas vegetais diferentes têm necessidades fisiológicas diferentes. Assim, as características dos ambientes em que essas plantas estão inseridas devem ser ajustadas para o desenvolvimento das mesmas. O controle das variáveis de tal ambiente depende de um sistema de aquisição de dados confiável e adequado.

Para que fossem obtidas tais informações nas pesquisas por referências, as *Palavras-Chave* e *Sinônimos* escolhidos foram:

- *controlled environment agriculture; system; e instrumentation* (com "sinônimos" *measurement, sensing, monitoring e automation*).

A *Intervenção* diz respeito às culturas vegetais que os cientistas usam para testar as CCI's e, obviamente, a quais sensores e atuadores são utilizados. O *Efeito* esperado é uma lista de possíveis ferramentas de instrumentação a serem usadas na construção de uma pequena câmara para fins de pesquisa. A *Medida de Resultado* adotada é que em tal lista haja, pelo menos, elementos sensores para todas as variáveis relevantes a um futuro projeto de construção de CCI (temperatura do ar, umidade do ar, umidade do solo e luminosidade). A *População* considerada são sistemas de AC de forma geral. No curto prazo, pesquisas envolvendo sistemas agrícolas inteligentes e os pesquisadores envolvidos nas mesmas são o principal grupo de interesse da *Aplicação* desta revisão.

Os *Crêterios de Seleção de Bases de Dados* foram: possibilidade de consulta *on-line*, credibilidade da base no meio acadêmico, e relevância no campo da engenharia elétrica. Isso resultou na *Seleção das Bases de Dados IEEE Xplore Library (IEEE), Springer Link (Springer) e Science Direct (Elsevier)*, sendo o *Idioma das Referências* o inglês. A *Identificação de Referências* foi realizada da seguinte maneira. Em cada uma das bases foi inserida a *string* de pesquisa na opção de pesquisa avançada. A *string* base¹ definida foi:

- *"controlled environment agriculture" AND (small system OR household OR domestic) AND (measure OR instrumentation OR monitoring OR sensing OR automation)*.

¹Variações da *string* foram aplicadas em cada uma das bases para se adequar à sintaxe de busca disponível.

Quando possível, foram filtrados estudos entre os anos 2010 e 2020 e que estivessem relacionados à área de engenharia. Não foi limitado o tipo da referência, mas a maioria encontrada foram artigos. Inicialmente, os estudos foram escolhidos a partir da leitura do título e do resumo. Para passar na etapa de *Seleção de Referências*, os estudos deveriam mencionar sensores, transdutores e/ou atuadores usados em pequenos sistemas de agricultura controlada. Referências que não listassem nem descrevessem esses elementos, ou que estivessem relacionadas a sistemas de médio e grande porte, ou que fossem de publicação anterior a 2010 não foram levadas em consideração. Os estudos finalmente selecionados tiveram suas referências verificadas seguindo o mesmo procedimento. A busca de sistemas disponíveis comercialmente não foi considerada como parte da execução do protocolo. Entretanto, esta foi realizada em outro momento para permitir investigações sobre a viabilidade de um projeto futuro.

Após a etapa de *Execução da Busca*, os *Critérios de Inclusão e Exclusão de Informação* foram definidos como o nome do modelo, a marca e as especificações dos elementos de detecção e atuação dentro do sistema, bem como as culturas vegetais utilizadas para testes. Os preços médios de cada elemento também foram levados em consideração para posteriores investigações sobre viabilidade de uso. Técnicas de controle e outros aspectos agrários não foram registrados. Para a *Documentação para Extração de Dados*, o *software* Zotero e uma planilha compartilhada do *Google Sheets* (disponível [aqui](https://shorturl.at/eHRXZ) ou no endereço shorturl.at/eHRXZ) foram utilizados. Ao final da aplicação dos critérios avaliativos definidos, oito estudos passaram para a lista final.

Em relação ao procedimento de *Solução de Divergências entre Revisores*, as mesmas não foram encontradas. Com as referências selecionadas, procedeu-se com a *Execução da Extração*. Para os resultados objetivos, obteve-se:

a) referência #1

- identificação - “*AgriSys: A smart and ubiquitous controlled-environment agriculture system*”; Aalaa Abdullah, Shahad Al Enazi e Issam Damaj; *International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC)*, pp. 1-6; *IEEE*; 2016;
- metodologia - o sistema lida com desafios específicos de cultivo em desertos. As intervenções destinam-se principalmente a manter a adequação do ambiente agrícola e, para tal, a adoção de controle *fuzzy* é considerada. O sistema tem cinco entradas, provenientes de sensores de temperatura, umidade do ar, pH, umidade do solo e um termopar. Cada entrada precisa de valores mínimos e máximos específicos, retirados dos *datasheets*. A implementação do sistema é feita em *LabVIEW*;

- resultados - o *AgrSys* apresenta um banco de regras de inferência fácil de atualizar para controlar o ambiente agrícola. O sistema consegue lidar com desafios como poeira, solo arenoso e infértil, vento constante, umidade muito baixa e as variações extremas nas temperaturas diurnas e sazonais. Fornece maior produtividade, segurança aprimorada e intervenções instantâneas para um estilo de vida avançado. O sistema é onipresente, pois permite acesso distante;
- problemáticas - não descritas pelos autores.

b) referência #2

- identificação - “*A Wi-Fi based smart wireless sensor network for an agricultural environment*”; Gerard Rudolph Mendez e Subhas Chandra Mukhopadhyay; “*Wireless sensor networks and ecological monitoring*”, pp. 247-268; *Springer*; 2013;
- metodologia - o sistema é capaz de monitorar de forma inteligente as condições agrícolas de maneira pré-programada. Consiste em três estações: Nó Sensor, Roteador e Servidor. A estação do sensor é equipada com vários elementos sensores, como temperatura, umidade, luz, pressão do ar, umidade do solo e nível da água. Foi realizada uma investigação para integrar um novo sensor eletromagnético plano para detecção de nitrato. A comunicação entre o nó sensor e o servidor é alcançada através de módulos sem fio 802.11g;
- resultados - o sistema tem bom desempenho para transferir e registrar valores dos vários nós sensores usando produtos comerciais padrão. É capaz de trabalhar em conjunto com equipamento já em uso. Permite conexão e comunicação relativamente fáceis entre os nós;
- problemáticas - a investigação do projeto mostra que o AD8302 pode fornecer valores precisos para fase e ganho durante o teste. No entanto, é necessária uma investigação mais aprofundada para obter o sinal para o AD8302 dentro de faixas utilizáveis.

c) referência #3

- identificação - “*Personal food computer: A new device for controlled-environment agriculture*”; E. C. Ferrer, J. Rye, G. Brander, T. Savas, D. Chambers, H. England, e C. Harper; *Future Technologies Conference*, pp. 1077–1096; *Springer*; 2018;
- metodologia - o *PFC* é uma plataforma de *hardware* e código abertos que prioriza o tamanho da área de trabalho, baixo custo, capacidade de

personalização, facilidade de uso e informações abertas. Os sensores, atuadores e interfaces do *PFC* representam uma ampla gama de dispositivos que podem ser encontrados em vários subdomínios de engenharia;

- resultados - por seu tamanho, preço e capacidade, é um sistema complexo que pode ser usado não apenas como plataforma de pesquisa, mas também como ferramenta educacional. A natureza de código aberto do *PFC* melhora a qualidade do suporte para os usuários finais, fornecendo acesso total ao conhecimento em todos os níveis;
- problemáticas - não descritas pelos autores.

d) referência #4

- identificação - "*Design of a Temperature and Humidity Monitoring System for Plant Growth Cabinets Based on Data Fusion*"; Shigang Cui, Kun Liu, Xingli Wu, Yongli Zhang e Lin He; "*Chinese Intelligent Automation Conference*", pp. 377-383; Springer; 2017;
- metodologia - o sistema de monitoramento toma o microprocessador STM32 como controlador principal, usando o sensor SHT11 com interface de barramento I2C para monitorar temperatura e umidade. A fim de resolver problemas de precisão das medidas, é usado o método de fusão de dados por estimativa de batelada com base no valor médio. A câmara é projetada em 3 módulos, todas na mesma "camada" do controlador;
- resultados - o sistema projetado pode fornecer dados de temperatura e umidade com pequenos erros e, portanto, melhora a precisão do controle da câmara;
- problemáticas - não descritas pelos autores.

e) referência #5

- identificação - "*Design and development of an intelligent seed germination system based on iot*"; Muhammad Nazrul Islam, Mahmuda Rawnak Jahan, Abid Ali, Shamsuzzaman Rony, Tasmiah Tamzid Anannya, Faisal Ibn Aziz, Moin Bayzed, Anika Yeazdani e Md Fazle Rabbi; *International Conference of ICT for Adapting Agriculture to Climate Change*, pp. 146-161; Springer; 2018;
- metodologia - o *Smart Germination Assistant (SGA)* usa vários sensores para medir e ajustar automaticamente umidade do ar e do solo, pH, temperatura e luminosidade. O sistema é projetado para alterar os valores dessas variáveis, a fim de obter o ambiente ideal para as sementes

germinarem. O desempenho do sistema SGA foi avaliado experimentalmente com sementes de folha de juta e os dados experimentais foram coletados entre 25 de maio e 07 de junho de 2018;

- resultados - os dados coletados no estudo experimental mostraram que o sistema desenvolvido é mais eficaz e eficiente que um sistema natural de germinação de sementes. Foram observados aumento na taxa de sucesso no processo de germinação de sementes, redução da taxa de morte de mudas e aumento do crescimento das mudas. Há uma menor necessidade de assistência humana, reduzindo o esforço de monitoramento e emprego de mão de obra;
- problemáticas - o sistema ainda é um protótipo e apenas um experimento de avaliação foi realizado, sendo que somente um tipo de semente foi usada nos testes. Ainda, nenhum estudo focado na experiência do usuário (agricultor) foi realizado.

f) referência #6

- identificação - "*Prototype Implementation of Actuator Sensor Network for Agricultural Usages*"; Takuya Wada e Katsuhiro Naito; *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services*, pp. 227-239; Springer; 2016;
- metodologia - propõe-se um protótipo de sistemas agrícolas de TI que pode medir variáveis de um ambiente e controlar o mesmo de acordo com as informações medidas. Para reduzir o custo inicial do sistema, usa-se módulos compatíveis com *ARDUINO*, também visando flexibilidade do projeto. O sistema proposto consiste em dispositivos de detecção e controle, um dispositivo de *gateway* e um serviço *web*. Os dispositivos de detecção e controle possuem alguns sensores (temperatura, umidade do ar e do solo) e uma função de controle para irrigação. O serviço *web* fornece uma interface com o usuário para gerenciar as informações num sistema de banco de dados;
- resultados - o sistema desenvolvido pode medir variáveis do ambiente por meio dos sensores utilizados, sendo capaz de se comunicar com a cada 15 minutos via Internet. O dispositivo de detecção e controle também pode controlar a irrigação da planta de acordo com o valor dado pelo sensor de umidade do solo. Além disso, o serviço *web* desenvolvido fornece visualização dos dados de medição;
- problemáticas - não descritas pelos autores.

g) referência #7

- identificação - *“Tomato Automation Cultivation System: Automatize Watering and Fertilizer Based On Sensory Information”*; Kok Seng Eu, Choon Hwa Ang, Yoon Ket Lee, Tee Tiong Tay, Yeh Huann Goh e Choe Yung Teoh; *MATEC Web of Conferences*, vol. 255, pp. 02006; *EDP Sciences*; 2019;
- metodologia - o objetivo é a construção de uma máquina de rega e fertilização de tomate para agricultura doméstica. Quer-se reduzir o trabalho de cultivar um tomateiro e aumentar a eficiência do plantio, reduzindo-se o período de crescimento da planta e a mantendo saudável. Usa-se um microcontrolador para controlar a rega e a fertilização com base no *feedback* dos sensores utilizados para temperatura e umidade. tornam a máquina estável e obtêm as frutas saborosas e suculentas da máquina;
- resultados - a máquina conseguiu cultivar o tomate do estágio de semente para o estágio de folha sem nenhuma doença;
- problemáticas - as doenças citadas apareceram em um momento dos experimentos iniciais, mas o sistema foi ajustado e as doenças tratadas, não prejudicando a planta.

h) referência #8

- identificação - *“Hollow fibre membrane-based liquid desiccant humidity control for controlled environment agriculture”*; Ryan M Lefers, N M Srivatsa Bettahalli, Nina V Fedoroff, Noredine Ghaffour, Philip A Davies, Suzana P Nunes e Torove Leiknes; *Biosystems Engineering*, vol. 183, pp. 47-57; *Elsevier*; 2019;
- metodologia - um processo de desumidificação utilizando dessecantes líquidos é implementado em um sistema de agricultura controlada em escala de bancada. O sistema foi projetado e fabricado para uso em laboratório. Tem-se controle sobre algumas variáveis do ambiente de do laboratório, como temperatura, umidade e fluxo do ar e luminosidade;
- resultados - plantas saudáveis foram cultivadas e colhidas com sucesso, com níveis de umidade relativa e temperatura geralmente controlados;
- problemáticas - não descritas pelos autores.

Já para os resultados subjetivos, foi realizado contato com os autores das referências #2, #5 e #7 a respeito de quais sensores foram, de fato, utilizados na construção dos sistemas abordados. Ainda, foram traçadas algumas impressões e abstrações gerais para as referências #1 e #4. O *software* do sistema *AgriSys*

é completamente baseado em *LabView* (software de instrumentação virtual fechado), além de utilizar sensores de alto custo e não possuir uma fonte de luz própria. Já para o quarto sistema, percebe-se que grandes esforços computacionais e de projeto foram destinados para aquisição e controle de somente duas variáveis do ambiente (temperatura e umidade do ar).

Prosseguindo para a fase de Análise de Resultados, na Tabela 4.1, pode-se ver a lista de sensores, transdutores e atuadores usados nos estudos selecionados para cada uma das respectivas grandezas e seus preços médios estimados². Essa lista representa o objetivo final da revisão realizada.

Tabela 4.1. Sensores, transdutores (S/T) e atuadores (A) encontrados nas referências selecionadas

Tipo	Grandeza	Nome/Modelo/Marca	Preço
S/T	Temperatura	Maxim Integrated - DS600	US\$3,90
S/T	Temperatura	Termopar de Aço Inoxidável Tipo K (genérico)	R\$29,00
A	Temperatura	Termistor PTC (genérico)	R\$90,00
A	Temperatura	kipkitts - Unidade de Refrigeração	^a
S/T	Temperatura e Umidade do Ar	Aosong - AM2315	US\$30,00
S/T	Temperatura e Umidade do Ar	Aosong - AM2321	^a
S/T	Temperatura e Umidade do Ar	Sensirion - SHT21 ^b	US\$7,50
S/T	Temperatura e Umidade do Ar	Testo - 175H1	US\$370
A	Temperatura, Umidade e Fluxo de Ar	Sunon - KD1208PTS1	US\$12,40
A	Temperatura, Umidade e Fluxo de Ar	Ventilador DC (genérico)	R\$25,00
A	Umidade do Solo	Flite Test - ES08All	US\$6,50
A	Umidade do Solo	Homecube - Bomba Peristáltica	^a
S/T	Umidade do Solo	FC-28	R\$18,00
S/T	Umidade do Solo	METER - ECH ₂ O EC-5	^a
A	Umidade do Solo	Bomba de Água (genérico)	R\$75,00
S/T	Nível de Água	Honeywell - LLE102000	^a
S/T	Nível de Água	Maxim Integrated - DS18B20	R\$12,90
S/T	Nível de Água e Umidade do Solo	Vegetronix - VH400-2M ^c	US\$40,00
A	Umidade do Ar	Phtronics - Umidificador de Ar Portátil	US\$15,00
S/T	Umidade do Ar	Honeywell - HIH-4010	US\$16,50
A	Umidade do Ar	Umidificador de ar (genérico)	R\$50,00
A	Luminosidade	GE - Lâmpada LED	US\$60,00
S/T	Luminosidade	Phidgets - Sensor de Luz 70000 lux	US\$7,00
S/T	Luminosidade	Broadcom/Avago - APDS-9002	^a
S/T	Luminosidade	Adafruit - TSL2591 ^d	US\$7,00

continua na próxima página...

²Valores aproximados, conforme encontrado em Junho de 2020.

Tabela 4.1. Sensores, transdutores (S/T) e atuadores (A) encontrados nas referências selecionadas (cont.)

Tipo	Grandeza	Nome/Modelo/Marca	Preço
S/T	Luminosidade	NJR - NJL7502L	US\$0,70
A	Luminosidade	Lâmpada de LED UV (genérico)	R\$50,00
A	Luminosidade	Lâmpada Fluorescente (genérico)	R\$20,00
A	Luminosidade e Temperatura	Lâmpada Incandescente (genérico)	R\$6,00
A	Luminosidade e Fluxo de Ar	Motor DC (genérico)	R\$15,00
S/T	pH	Atlas - Sensor de pH	US\$40,00 ^f
S/T	pH	Phidgets - Adaptador pH/ORP	US\$30,00
S/T	Fluxo de Ar	Testo - 440 DP ^e	US\$412,30
S/T	Pressão	Nova Sensor - NPP-301	US\$10,00
S/T	Condutividade Elétrica	Atlas - EC	US\$60,00 ^f
S/T	Imagem	ELP - Câmera USB de 5 Megapixels	US\$50,00
S/T	Irradiação	ILT - Espectrorradiômetro ILT950 I	Sob consulta
S/T	Concentração de CO ₂	MHZ16	US\$70,00
A	Oxigenação da Água	Compressor de Ar (genérico)	R\$35,00

^a Modelo descontinuado e sem substituto na marca.

^b Substituto do modelo SHT11 (descontinuado).

^c Substituto do modelo VG400 (descontinuado).

^d Substituto do modelo TSL2561 (descontinuado).

^e Substituto do modelo 435-4 (descontinuado).

^f Disponível em novas dimensões e especificações (linha EZO).

Na Figura 4.2, pode-se ver o número de estudos selecionados que mencionam ferramentas de instrumentação para cada uma das grandezas citadas. Torna-se notório que existem opções de sensoriamento e/ou atuação para todas as variáveis consideradas como relevantes (a lembrar, temperatura do ar, umidade do ar, umidade do solo e luminosidade). Ainda, evidencia-se a maior influência de algumas, ou seja, temperatura do ar, umidade do ar, fluxo de ar, umidade do solo, luminosidade e pH.

Inicialmente, considerou-se que essa influência poderia estar atrelada ao baixo custo e conveniência de uso dos elementos sensores e atuadores envolvidos para a medição e controle de tais grandezas no ambiente, além da eficiência e desempenho dos mesmos. Tais razões foram, inclusive, levadas em conta na definição das grandezas mais relevantes a este projeto. Ao analisar os dados da Tabela 4.1, pode-se ver que, de fato, em geral, os elementos para as grandezas mais influentes têm custo relativamente mais baixo. Entretanto, apesar de existirem elementos de médio a alto custo, também há algumas soluções acessíveis listadas para as demais grandezas.

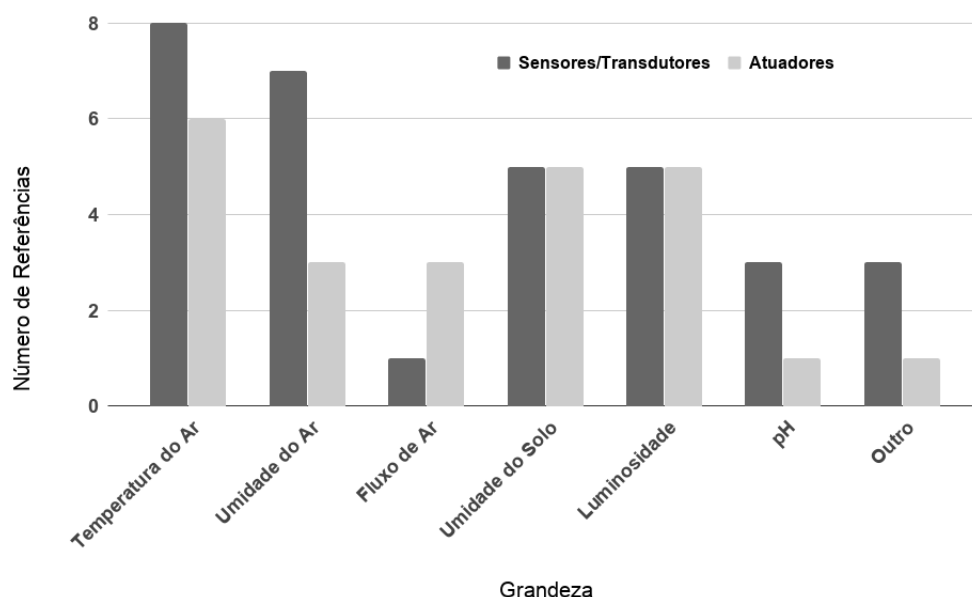


Figura 4.2: Número de referências selecionadas que utilizam sensores, transdutores e atuadores para cada grandeza mencionada nos trabalhos. “Outro” refere-se a elementos para medições e/ou atuação de nível de água, irradiação, pressão, imagem, condutividade elétrica, oxigenação da água e concentração de dióxido de carbono.

Mesmo assim, ao investigar as CCI's disponíveis comercialmente, vê-se que o custo de aquisição (e até mesmo manutenção) das mesmas é, em geral, muito maior que a soma dos valores dos elementos sensores e atuadores listados. Uma relação com alguns dos principais modelos, marcas e preços dessas câmaras é vista na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Principais Câmaras de Cultivo Isolado Disponíveis Comercialmente

Modelo	Fabricante/Marca	Preço
Single CityCrop	CityCrop	€1250,00
NanoFarm	Alpha Food Labs	US\$699,00
Mary	Mary Agrotechnologies	C\$1099,00
GroBox	Cloudponics	US\$2690,00
Grobo Solid	Grobo	US\$1990,00
Seedo	Seedo	US\$2400,00
LEAF	Corsica Innovations Inc.	US\$2699,00

Já na Figura 4.3, pode-se ver quais culturas vegetais os autores dos estudos selecionados usaram para testar suas câmaras de cultivo isolado.

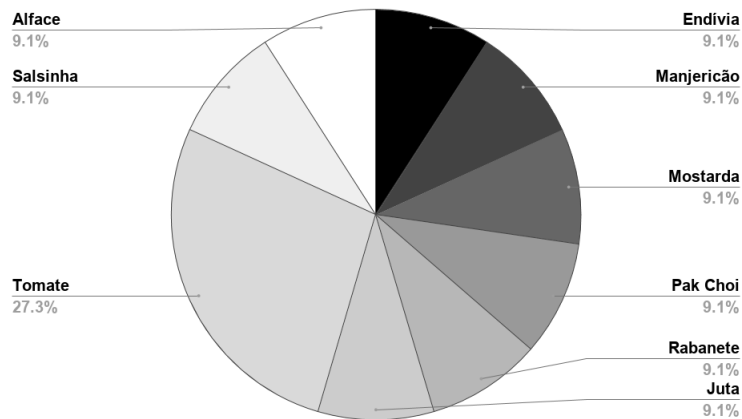


Figura 4.3: Tipos e frequência de aparecimento de culturas vegetais utilizadas para testes e validação dos sistemas de AC descritos nas referências selecionadas.

Vê-se que o tomate foi a cultura vegetal mais comumente utilizada, apesar de, curiosamente, também ser a mais desafiadora, uma vez que apresenta grande sensibilidade a doenças e variações ambientais [8]. O custo de aquisição de sementes e/ou mudas da planta é considerado baixo, não ultrapassando R\$10.

Dessa forma, levando em conta essas informações e outras adquiridas ao longo da revisão, considera-se viável a construção de uma CCI de pequeno porte para realização de pesquisas em instrumentação e controle. Inicialmente, os sensores e atuadores escolhidos para tal, conforme objetivo deste plano de trabalho, são SHT21 (para temperatura e umidade do ar), FC-28 (para umidade do solo), bomba de água (umidade do ar e do solo e temperatura do ar), ventilador DC (temperatura do ar), TSL2591 e lâmpada de LED UV (luminosidade). Tais componentes deveriam passar por testes para verificação de desempenho, entretanto, conforme apresentado no Capítulo 3, essa etapa foi impossibilitada por conta da pandemia de COVID-19.

Em resumo, foram encontrados nas bases de dados selecionadas duzentos e trinta e oito estudos relacionados à *string* de busca definida. A lista inicial possuía cinquenta e quatro referências, e mais uma foi adicionada após a leitura da bibliografia dos estudos selecionados inicialmente. Conforme apresentado, oito estudos foram selecionados ao final.

Neste trabalho não foram identificados vies de pesquisa, seleção e extração. Uma vez que os critérios de seleção de referências foram rigidamente respeitados e o tipo de estudos analisados não apresenta evidências consideradas “positivas” ou “negativas” pela equipe de pesquisa, também não foi identificado vies de publicação.

A aplicação dos resultados refere-se a sua utilização na construção e validação de uma pequena câmara de cultivo isolado para fins de pesquisa. Neste

caso, recomenda-se a realização de pesquisa sobre parâmetros fisiológicos para o desenvolvimento adequado da cultura vegetal escolhida para a validação da câmara, de forma a otimizar o desempenho do sistema.

Capítulo 5

Considerações Finais

Neste projeto, é proposta uma metodologia de execução de revisões sistemáticas da literatura para engenharia elétrica, área na qual não foi encontrado nenhum trabalho do gênero. O objetivo dessa metodologia é padronizar um protocolo para a realização de RSLs que facilite a obtenção de resultados mais objetivos, concretos e úteis, além de possibilitar a fácil reprodutibilidade do procedimento de revisão. As etapas desse protocolo e o estudo de caso apresentados podem ser usados como um guia de fácil entendimento para engenheiros da área interessados em executar RSLs, principalmente aqueles que estão iniciando na experiência acadêmico-científica. Ao utilizar tal metodologia, os pesquisadores podem evitar ou minimizar problemas como viés de pesquisa, seleção e publicação.

Para que fosse possível o desenvolvimento e a aplicação da metodologia, pesquisas acerca da origem, definição, diretrizes e uso de RSLs foram realizadas. Tópicos sobre agricultura controlada, sistemas de controle e câmaras de cultivo isolado também foram abordados nesse processo, para auxiliar no refinamento da definição dos procedimentos e etapas de cada uma das fases. A metodologia foi então aplicada na execução de uma revisão sistemática sobre sensores, transdutores e atuadores em sistemas de pequeno porte para AC nos últimos dez anos, problemática atual e relevante nas áreas de instrumentação e controle. Os motivos para tal relevância são a crescente preocupação com a segurança alimentar das populações e a exigência de qualidade do alimento e de sustentabilidade das produções agrícolas de maneira cada vez mais eficiente.

Como principal resultado, obteve-se uma lista dos elementos sensores e atuadores utilizados, além de exemplos de culturas vegetais que podem ser usadas para validar CCIs. Os sensores, transdutores e atuadores que despertaram maior interesse para uso em um futuro projeto de construção de CCI foram SHT21, FC-28, lâmpada de LED UV, ventilador DC, TSL2591 e bomba de água. O valor estimado para a aquisição de tais componentes é de cerca de R\$300.

Mesmo contabilizando o custo com demais materiais para a construção da estrutura, o preço total ainda seria bem abaixo do valor médio para a compra de uma câmara de cultivo isolado disponível comercialmente.

Apesar dos avanços alcançados, é válido ressaltar que a metodologia proposta não visa substituir práticas de revisão já estabelecidas no campo da engenharia. Isso porque, na área de engenharia elétrica, a forma de adquirir e tratar as evidências, em geral, difere bastante daquela encontrada nas ciências da saúde, e até mesmo na engenharia de *software*. No entanto, ao enfrentar desafios com parâmetros de pesquisa mais bem definidos e pergunta específica sobre o interesse da pesquisa, o protocolo proposto pode se tornar uma ferramenta poderosa para aquisição, resumo e entendimento de evidências já produzidas.

Finalmente, o protocolo desenvolvido pode ser também um grande aliado na iniciação de pesquisadores em metodologias de revisão e da disseminação de boas práticas de pesquisa. Isso porque ele apresenta o processo de busca de referências de maneira bem estruturada e objetiva, contribuindo para o entendimento de aspectos referentes a foco e especificidade de temas de pesquisa, seleção de fontes e estudos, extração de informações e apresentação de resultados.

5.1 Perspectivas de Trabalhos Futuros

Inicialmente, pretende-se realizar os testes com os sensores escolhidos ao longo da revisão realizada, atividade essa que não foi cumprida devido à pandemia de COVID-19 e consequente suspensão do acesso à Universidade e seus laboratórios. Ainda, configura-se como objetivo específico deste projeto o uso dos resultados da RSL apresentada para investigar a viabilidade da construção de uma CCI de pequeno porte para uso em pesquisa. Sendo assim, tal construção pode ser considerada como a principal perspectiva de trabalho futuro relacionada a este projeto.

Além disso, espera-se colocar em prática, a partir dos conhecimentos adquiridos e metodologia desenvolvida, cursos e treinamentos para a comunidade interessada, visando contribuir com a iniciação científica dos estudantes do Departamento de Engenharia Elétrica (DEL) da UFS. Esse processo contribui ainda com a motivação para a criação de materiais e documentos de padronização e avaliação da revisão, como questionários, *checklists*, relações de bases de dados e demais orientações.

Finalmente, fazem parte das perspectivas da equipe de pesquisa a redação

e submissão de artigos científicos para revistas especializadas em metodologia científica e engenharia.

5.2 Atividades Complementares

No período de desenvolvimento deste trabalho, a aluna participou do curso preparatório Pré PIBIC, conforme Edital Nº 02/2019 COPES/POSGRAP/UFS. Já como membro e coordenadora discente do Grupo de Pesquisa em Instrumentação Eletrônica da UFS, a estudante participou da organização e execução das Mostras de Instrumentação, em parceria com o Grupo de Pesquisa em Robótica da UFS (GPRUFS), para alunos da rede pública do estado de Sergipe.

Além disso, foi vencedora do *Best Paper Award* no *4th International Symposium on Instrumentation Systems, Circuits and Transducers (INSCIT)*, com artigo referente ao projeto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) que realizou entre Agosto de 2018 e Julho de 2019, e que foi apresentado no 11º Encontro de Iniciação em Desenvolvimento, Tecnologia e Inovação (EIDTI). O projeto também rendeu à aluna o 3º lugar no Prêmio Destaque PIBITI em comunicação oral nas Engenharias. Ainda durante a VI Semana Acadêmico-Cultural (SEMAC) da UFS, a estudante foi monitora das atividades ofertadas e participou do minicurso “Estratégias e Sistematização de Estudos Acadêmicos”, realizado durante o 29º Encontro de Iniciação Científica (EIC).

Ademais, o projeto apresentado neste relatório foi submetido para publicação na *Journal of Integrated Circuits and Systems*, em edição especial para o *5th INSCIT*, com o artigo “*Applying Systematic Reviews in Electrical Engineering: a Case Study on Sensors, Transducers, and Actuators for Controlled Environment Agriculture*”. A aluna também colaborou no artigo “*Easy-to-Implement Configurable Multi-Modality Electrostimulator*”, submetido para publicação na mesma revista.

Após o início da pandemia de COVID-19 e a consequente suspensão das aulas, a aluna se envolveu como voluntária no projeto [FASTEN Vita](#), uma iniciativa do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Pesquisa e Desenvolvimento (INESC P&D) do Brasil, do qual a UFS e mais de 40 outras instituições são parceiras. O projeto visa o estabelecimento de uma rede colaborativa de manufatura aditiva espalhada por todo o país, unindo esforços de pesquisadores e laboratórios de diversas áreas e fabricando equipamentos com potencial de salvar vidas, como ventiladores automáticos, máscaras de ventilação não invasiva, câmaras de desinfecção, cabines de isolamento e osciladores pulmonares.

Por fim, a estudante iniciou os estudos no curso “Inovação Social”, ofertado para alunos do DEL da UFS que cumprem as diretrizes de distanciamento social, num momento de grande necessidade de empatia e de soluções inovadoras para a sociedade.

Referências Bibliográficas

- [1] Abu Zafar Abbasi, Noman Islam, Zubair Ahmed Shaikh et al. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces*, 36(2):263–270, 2014. 1
- [2] N Suma, Sandra Rhea Samson, S Saranya, G Shanmugapriya e R Subhashri. Iot based smart agriculture monitoring system. *International Journal on Recent and Innovation Trends in computing and communication*, 5(2):177–181, 2017. 1
- [3] M Chetan Dwarkani, R Ganesh Ram, S Jagannathan e R Priyatharshini. Smart farming system using sensors for agricultural task automation. In *Proc. IEEE Technol. Innov. ICT Agricult. Rural Develop.(TIAR)*, pages 49–53, 2015. 1
- [4] Brasil 2030: O futuro da agricultura brasileira. Technical report, EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao-2030>>. Acesso em: 12 de Março de 2019. 1
- [5] Jodenir Calixto Teixeira. Modernização da agricultura no brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. *Revista Eletrônica AGB-TL*, 1(2):21–42, 2005. 1
- [6] Aalaa Abdullah, Shahad Al Enazi e Issam Damaj. Agrisys: A smart and ubiquitous controlled-environment agriculture system. In *2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC)*, pages 1–6. IEEE, 2016. 1
- [7] Marc W van Iersel, Geoffrey Weaver, Michael T Martin, Rhuanito S Ferrarezi, Erico Mattos e Mark Haidekker. A chlorophyll fluorescence-based biofeedback system to control photosynthetic lighting in controlled environment agriculture. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 141(2):169–176, 2016.

- [8] Kok Seng Eu, Choon Hwa Ang, Yoon Ket Lee, Tee Tiong Tay, Yeh Huann Goh e Choe Yung Teoh. Tomato automation cultivation system: Automate watering and fertilizer based on sensory information. In *MATEC Web of Conferences*, volume 255, page 02006. EDP Sciences, 2019. 1, 25
- [9] Donald T Krizek. Guidelines for measuring and reporting environmental conditions in controlled-environment studies. *Physiologia Plantarum*, 56(3):231–235, 1982. 1
- [10] Redmond R Shamshiri, Fatemeh Kalantari, KC Ting, Kelly R Thorp, Ibrahim A Hameed, Cornelia Weltzien, Desa Ahmad e Zahra Mojgan Shad. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. 2018. 1
- [11] Priscilla Robinson e John Lowe. Literature reviews vs systematic reviews. *Australian and New Zealand journal of public health*, 39(2):103–103, 2015. 1, 2
- [12] Lindsay S Uman. Systematic reviews and meta-analyses. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 20(1):57, 2011. 6
- [13] Rick W Wright, Richard A Brand, Warren Dunn e Kurt P Spindler. How to write a systematic review. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*, 455:23–29, 2007. 2, 4, 6
- [14] Mary Dixon-Woods, Sheila Bonas, Andrew Booth, David R Jones, Tina Miller, Alex J Sutton, Rachel L Shaw, Jonathan A Smith e Bridget Young. How can systematic reviews incorporate qualitative research? a critical perspective. *Qualitative research*, 6(1):27–44, 2006. 4, 5
- [15] Barbara Kitchenham, O Pearl Brereton, David Budgen, Mark Turner, John Bailey e Stephen Linkman. Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1):7–15, 2009. 2, 4, 5, 6
- [16] Kai Petersen, Robert Feldt, Shahid Mujtaba e Michael Mattsson. Systematic mapping studies in software engineering. In *Ease*, volume 8, pages 68–77, 2008. 2

- [17] Jorge Biolchini, Paula Gomes Mian, Ana Candida Cruz Natali e Guilherme Horta Travassos. Systematic review in software engineering. *System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES*, 679(05):45, 2005. 1, 2, 4, 7, 8, 13
- [18] Tecnologia e Insumos Estratégicos Departamento de Ciência e Tecnologia Brasil. Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência. Diretrizes metodológicas elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados. Brasília, 2012. 4, 5, 6
- [19] Helena DONATO e Mariana DONATO. Etapas na condução de uma revisão sistemática. *Acta Medica Portuguesa*, 32(3), 2019. 6
- [20] Barbara Kitchenham. Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004):1–26, 2004. 6, 13
- [21] Barbara Kitchenham e Stuart Charters. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. 2007. 6
- [22] Barbara A Kitchenham. Systematic review in software engineering: where we are and where we should be going. In *Proceedings of the 2nd international workshop on Evidential assessment of software technologies*, pages 1–2. ACM, 2012.
- [23] Barbara Ann Kitchenham, David Budgen e Pearl Brereton. *Evidence-based software engineering and systematic reviews*, volume 4. CRC press, 2015. 6